**Journal of Agroecology**
Homepage: https://agry.um.ac.ir/



**Research Article**
**Vol. 14, No. 1, Spring 2022, p. 115-132**

# Effect of Different Levels of Vermicompost and Copper Sulfate on Morphological Characteristics, Yield, and Yield Components of Basil (*Ocimum basilicum* L.)

**M.H. Aminifard[1*], M. Asgarian[2], M. Khayyat[1] and M. Jahani[3]**

Received: 17-08-2020
Revised: 15-02-2021
Accepted: 21-02-2021
Available Online: 15-06-2022

**How to cite this article:**
Aminifard, M.H., Asgarian, M., Khayyat, M., and Jahani, M., 2022. Effect of different levels of vermicompost and copper sulfate on morphological characteristics, yield, and yield components of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 14(1):115-132.
DOI:10.22067/agry.2021.20304.0

## Introduction

Basil (*Ocimum basilicum*) is an herbaceous medicinal plant from the Lamiaceae family with a wide range of applications in the culinary, cosmetic, food, perfumery, and medical industries. The presence of more than 200 chemicals, including flavonoids, monoterpenes, sesquiterpenes, triterpenes, and aromatic compounds in basil oil, have been identified. The main components of its oil are eugenol, methyl eugenol, linalool, estragole, and anethole, varying by chemotype. Basil is one of the most important medicinal plants in Iran, which is widely used in various industries, including pharmaceuticals, cosmetics, sanitary, and food industries, and it is considered an anti-fluff and appetizer in traditional medicine. Therefore, to maximize yield and increase the length of the basil production period, the appropriate management of this product is necessary. Among these, the use of suitable nutritional elements is one of the useful ways to improve the performance of this plant. The centers of origin of basil are the tropical and subtropical regions of Africa, Asia, and South America. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effects of different levels of vermicompost and copper sulfate and their interaction on vegetative, reproductive growth, and yield of basil's medicinal plant.

## Materials and Methods

To investigate the effect of vermicompost and copper sulfate on some vegetative and reproductive characteristics of the basil plant, an experiment was carried out as factorial based on a randomized completely block design with three replications in the research farm of Birjand University, Iran, during the growing season 2017-2018. Treatments were three levels of vermicompost (0, 5, and 10 $t.ha^{-1}$) and three levels of copper sulfate (0, 3, and 6 per thousand) with three replications. The measured indices include vegetative characteristics (plant height, lateral number, plant fresh and dry weight, leaf fresh and dry weight, number of leaves and node per plant, lateral branch length internally spaced, and diameter stem) and reproductive characteristics (inflorescence number and length, number of plant seeds, the weight of one thousand seeds, harvest index, grain performance, and biological function).

## Results and Discussion

The results showed that the studied treatments had a significant effect on the number of lateral branches,

---

1- Associate Professor, Department of Horticultural Science and Special Plants Regional Research Center, College of Agriculture, University of Birjand, Iran.
2- Master student, Department of Horticultural Sciences, Physiology of Medicinal Plants, Spices and Aromatics, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran.
3- Associate Professor, Department of Plant Protection, Birjand University, Birjand, Iran.
*- Corresponding Author, Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir

plant dry weight, number of leaves per plant, lateral branch length, number of seeds, 1000-seed weight, harvest index, grain yield, and biological yield so that the highest number of lateral branches (17.33), Plant dry weight (14.83 $g.m^{-2}$), Number of leaves per plant (167), Lateral branch length (26.83 cm), Number of seeds (3854.3), 1000-seed weight (1.80 g), Seed yield (3350 $kg.m^{-2}$) and biological yield (20968.3 $kg.m^{-2}$) basil was obtained in the treatment of 5 $t.h^{-1}$ of vermicompost and 6 per thousand of copper sulfate and its advantage over the control was 67, 51, 16, 43, 79, 26, 87 and 26%, respectively. Harvest index in the treatment of 5 $t.h^{-1}$ of vermicompost and 3 per thousand of copper sulfate with 13.01 in its maximum amount.

## Conclusion

In general, the results indicated a positive and incremental effect of the combined application of the chemical and organic fertilizers on the yield of the basil plant, and according to the results, treatment with 6 per thousand copper sulfate and five $t.ha^{-1}$ vermicompost was recommended as the best treatment for increasing yield. But always in agricultural products, especially in the production of basil as a medicinal and vegetable plant, the best results in terms of crop production and health, as well as essential oils and medicinal compounds, were related to the combined treatments of organic and chemical fertilizers, because these treatments are relative compared to organic treatments alone, they increased the yield and on the other hand, compared to chemical fertilizers, they had a healthier product and more medicinal compounds.

**Acknowledgments:** Authors are grateful to Ebrahim Ebrahimabadi for their help with the field experiments.

**Keywords:** Foliar spraying, harvest index, one thousand seeds, organic fertilizer.

**نشریه بوم شناسی کشاورزی**
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

**مقاله پژوهشی**

# بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

**محمدحسین امینی فرد[1*]، محبوبه عسگریان[2]، مهدی خیاط[1] و مهدی جهانی[3]**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳

امینی فرد، م.ح.، عسگریان، م.، خیاط، م.، و جهانی، م.، ۱۴۰۱. بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی ۱۴(۱): ۱۳۲-۱۱۵.

## چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر برخی صفات رویشی و زایشی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند در سال زراعی۹۶ – ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و سولفات مس در سه سطح (صفر، ۳ و ۶ در هزار) با سه تکرار بودند. نتایج نشان داد، تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر تعدادشاخه جانبی، وزن خشک بوته، تعداد برگ در بوته، طول شاخه جانبی، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت، به‌طوری‌که بیشترین تعدادشاخه جانبی (۱۷/۳۳)، وزن خشک بوته (۱۴/۸۳ گرم در مترمربع)، تعداد برگ در بوته (۱۶۷)، طول شاخه جانبی (۲۶/۸۳ سانتی‌متر)، تعداد دانه در بوته (۳۸۵۴/۳)، وزن هزار دانه (۱/۸۰ گرم)، عملکرد دانه (۳۳۵۰ کیلوگرم در مترمربع) و عملکرد بیولوژیک (۲۰۹۶۸/۳ کیلوگرم در مترمربع) ریحان در تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار سولفات مس حاصل شد و برتری آن نسبت به شاهد به‌ترتیب ۶۷، ۵۱، ۱۶، ۴۳، ۷۹، ۲۶، ۸۷ و ۲۶ درصد بود. شاخص برداشت در تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سه در هزار سولفات مس با ۱۳/۰۱ در بیشترین مقدار خود بود. به‌طور کلی، نتایج بیانگر تأثیر مثبت کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی ذکر شده بر خصوصیات کمّی و عملکرد گیاه ریحان بود و با توجه به نتایج، می‌توان تیمار شش در هزار سولفات مس و پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست را به‌عنوان بهترین تیمار برای افزایش عملکرد این گیاه توصیه کرد.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص برداشت، وزن هزار دانه، کود آلی، محلول‌پاشی

## مقدمه

گیاه ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L. نوعی گیاه معطر از خانواده نعناعیان بوده که از ارزش تجاری قابل برخوردار توجه است (Lima-Corrêa et al., 2017). ریحان در صنایع مختلف ازجمله صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی و صنایع غذایی کاربرد فراوان دارد و در طب سنتی از آن به‌عنوان ضد نفخ، اشتهاآور، تسکین‌دهنده درد معده و مؤثر در درمان بیماری‌های ریوی یاد می‌شود (Lima et al., 2004). ریحان در اوایل سال‌های ۱۵۰۰ از هند به انگلیس آورده شده و در دهه ۱۶۰۰ وارد ایالات متحده شد (Lupton et al.,

۱- دانشیار گروه آموزشی علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، گرایش فیزیولوژی گیاهان دارویی، ادویه‌ای و عطری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳- دانشیار، گروه آموزشی گیاهپزشکی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22067/agry.2021.20304.0

2016).

یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به‌منظور حصول عملکرد بالا با کیفیت مطلوب مخصوصاً در مورد گیاهان دارویی، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. با روش صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و افزایش تنوع زیستی، کارایی نهاده‌ها را افزایش داد (Ebadi et al., 2008). امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک و عملکرد بالا، گسترش چشمگیری یافته است (Salehi et al., 2014). عناصر غذایی موجود در خاک نقش مهمی در تعیین میزان رشد و عملکرد گیاه و همچنین بهبود کیفیت محصول تولیدی دارند. عناصر کم مصرف با وجود اینکه به‌مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشد، ولی نقش برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان دارند (Pirzad et al., 2013). یکی از عناصر غذایی کم مصرف مورد نیاز برای رشد گیاهان مس می‌باشد که نقش‌های ساختاری و عملکردی فراوانی در فرایندهای متابولیکی گیاهان بر عهده دارد (Zare Dehabadi, 2009). نتایج حاکی از تأثیر عناصر کم‌مصرف بر عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد (Preeti pande, 2007). براساس گزارش رضاخانی و همکاران (Rezakhani et al., 2012) با افزایش میزان مس (تا سطح ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) میزان زیست‌توده بخش هوایی اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) افزایش یافت. همچنین نتایج آزمایش حیدری و همکاران (Heidari et al., 2008) نشان داد کاربرد عناصر ریز مغذی (اسید بوریک، سولفات روی و سکوسترین آهن) در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) باعث افزایش وزن خشک این گیاه دارویی شد. کاربرد کودهای شیمیایی در ترکیب با کودهای آلی باعث حفظ تعادل موادغذایی خاک، افزایش مواد آلی خاک، توانایی در دسترسی موادغذایی خاک برای گیاه، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حاصلخیزی خاک و کاهش تلفات کودی می‌شود و می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصولات، تجمع ماده خشک و جذب مواد غذایی در محصولات شود (Yang et al., 2004).

کودهای آلی نیز به‌علت داشتن خصوصیاتی مانند قدرت جذب و نگهداری بالای مواد آلی و عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها (خصوصاً نیتروژن) و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، استفاده از آن در کشاورزی پایدار برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول می‌باشد (Jami et al., 2018). ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی می‌تواند جایگزینی برای کود شیمیایی بوده و رشد گیاه را افزایش دهد و سبب بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش رشد گیاهان شود (Sridevi, 2016). ازجمله فواید کودهای آلی مثل ورمی‌کمپوست می‌توان به آزادسازی تدریجی مواد مغذی، کاهش آب‌شویی و از دست رفتن نیتروژن، کاهش تثبیت فسفر و همچنین تأمین عناصر غذایی کم‌مصرف اشاره کرد (Chen et al., 2006). افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت، بهبود عملکرد را نیز فراهم آورده است (Arancon et al., 2004). کاربرد ورمی‌کمپوست بر روی گیاه ریحان باعث افزایش ارتفاع بوته، عملکرد برگ، عملکرد تر و خشک اندام‌های هوایی نسبت به شاهد گردید (Tahami et al.,2010). در پژوهشی دیگر نیز مشخص شد که مصرف ورمی‌کمپوست سبب افزایش عملکرد در دو گونه گیاه بارهنگ (*Plantago major* L. and *Plantago lanceolata* L.) شد (Sanchez et al., 2008). عسگری لجایر (Asgari Lajayer et al., 2015) گزارش کردند کاربرد مس در غلظت‌های پایین موجب تحریک رشد، افزایش زیست‌توده و عملکرد اسانس در گیاه دارویی ریحان می‌شود. با توجه به اهمیت گیاه ریحان و مصارف آن در صنایع غذایی و دارویی و همچنین با توجه به اینکه تاکنون مطالعات چندانی در خصوص اثر متقابل سولفات مس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و خصوصیات رشدی ریحان انجام نشده است، هدف از اجرای این طرح بررسی کاربرد همزمان کودهای شیمیایی و آلی ذکرشده بر صفات رویشی و زایشی و عملکرد گیاه ریحان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت این گیاه مهم بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۵ - ۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا)، اجرا شد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

نمونه‌برداری انجام شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایشی شامل سولفات مس و ورمی‌کمپوست بودند که به‌صورت ترکیبی از سه سطح سولفات مس (صفر، ۳ و ۶ در هزار) (Shakoorifar et al., 2015) و سه سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) (Aminifard & Bayat, 2017) تعیین شدند. به‌منظور انجام آزمایش، پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک کرت‌بندی زمین انجام وکرت‌هایی به ابعاد ۲×۲ متر ایجاد گردید، فاصله بین بلوک‌ها از یکدیگر دو متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) و برای جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها فاصله بین کرت‌ها یک متر بود و برای هر کرت آب از جوی اصلی گرفته شد. هر کرت دارای هشت ردیف با تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع بود که فاصله کاشت بین ردیف ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر و در عمق کاشت ۱/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری کرت‌ها به‌صورت سیفونی و با مدار آبیاری هر پنج روزی یک بار انجام شد. آبیاری اول همزمان با کاشت (پنج اردیبهشت ۱۳۹۵ به‌صورت غرقاب) انجام شد. به جهت اینکه گیاهچه‌ها با سهولت بیشتری از خاک خارج شوند و رشد مطلوبی داشته باشند عملیات سله شکنی انجام شد. برای حصول تراکم مناسب (مطابق فواصل فوق‌الذکر)، گیاهان در سه مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش برگی تنک شدند. تیمار ورمی‌کمپوست به‌مقدار صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار قبل از کشت با خاک مخلوط شد، و محلول‌پاشی برگی سولفات مس نیز به‌مقدار صفر، ۳ و ۶ در هزار از مرحله ۸-۶ برگی طی سه نوبت به‌فاصله ۱۴ روز انجام گرفت. در طول مراحل اجرای آزمایش هیچ‌گونه آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها در خاک به‌منظور جلوگیری از آسیب گیاهچه‌ها انجام شد. پس از ورود گیاهان به مرحله گل‌دهی، نمونه‌گیری (پنج بوته از هرکرت به‌صورت تصادفی) جهت اندازه گیری صفات رویشی (ارتفاع بوته، وزن خشک تک بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه جانبی، طول بزرگ‌ترین شاخه جانبی، تعداد گره در بوته، فاصله میان‌گره، قطر ساقه، وزن خشک برگ) و صفات زایشی (تعداد گل‌آذین، طول گل‌آذین) در سطح یک مترمربع با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام گردید. صفات ارتفاع بوته، فاصله میان‌گره و طول شاخه فرعی و گل‌آذین از ساقه اصلی با استفاده از خط‌کش و همچنین قطر ساقه اصلی از پایین‌ترین قسمت ساقه با استفاده از کولیس از سطح یک بوته اندازه‌گیری شدند. وزن خشک بوته و برگ توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در دستگاه خشک‌کن (آون) با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۷۲ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. در آخر فصل رشد، پس از ورود گیاه به مرحله میوه‌دهی و هنگام زرد شدن گل‌آذین‌ها، زمانی که ۵۰ درصد مزرعه زرد شده بود و زمانی که بذور گیاه کاملاً رسیده بودند، برداشت نهایی طی یک مرحله، جهت تعیین عملکرد بیولوژیکی (عملکرد کل اندام‌های هوایی)، عملکرد بذر و شاخص برداشت انجام شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

**جدول ۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش**

**Table 1- Physical and chemical properties of soil used in experiment**

| بافت Texture | شاخص واکنش pH | هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$) | ماده آلی Organic matter (%) | نیتروژن کل Total N (%) | پتاسیم قابل دسترس K available ($mg.kg^{-1}$) | فسفرقابل دسترس P available ($mg.kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| لومی Loam | 8 | 6 | 0.38 | 0.042 | 208 | 45 |

**جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست استفاده شده**

**Table 2- Some chemical properties of Vermicompost**

| | ماده آلی Organicmatter (%) | کربن آلی Organic carbon (%) | هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$) | شاخص واکنش pH |
|---|---|---|---|---|
| ورمی‌کمپوست Vermicompost | 16.8 | 9.14 | 3.08 | 7.7 |

## نتایج و بحث

### صفات رویشی: ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های جدول ۲ حاکی از آن است که اثر ساده ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی ریحان معنی‌دار شد، اثرات متقابل نیز نشان داد تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت. بیشترین ارتفاع بوته (۴۶/۴۴ سانتی‌متر)، از تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد، هرچند از لحاظ آماری بین تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). همچنین در ارتباط با تأثیر مس، میانگین ارتفاع بوته، افزایش ۴/۲ درصدی با کاربرد سطح شش در هزار مس را نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۴). نتایج حاصل از اثرات متقابل نشان داد تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار مس بیشترین تعداد شاخه جانبی (۱۷/۳۳) و شاهد کمترین میزان این صفت (۱۰/۳۳) را داشت (جدول ۵).

در این خصوص سعید نژاد و رضوانی مقدم (Saeid Nejad & Rezvani Moghaddam, 2010) عنوان نمودند، علت افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی تحت تأثیر تیمار ورمی‌کمپوست را می‌توان به بالاتر بودن میزان عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن در ورمی‌کمپوست نسبت به سایر ترکیبات مورد استفاده نسبت داد که با تأمین تدریجی عناصر غذایی باعث تحریک رشد رویشی گیاه شده که در نتیجه، ارتفاع بوته‌ها و تعداد شاخه جانبی افزایش می‌یابد. وهب (Wahab, 2013) نیز در این مورد چنین استنباط کرد که افزایش در ویژگی‌های رشدی گیاه از قبیل ارتفاع و تعداد شاخه جانبی در اثر محلول‌پاشی با ریزمغذی‌ها می‌تواند به‌دلیل بهبود رشد سیستم ریشه‌ای گیاه و به تبع آن جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی باشد. به‌علاوه اینکه عناصر ریزمغذی، آنزیم‌های دخیل در سنتز کلروفیل مانند کاتالاز، پراکسیداز، الکل دهیدروژناز، کربنیک دهیدروژناز، تریپتوفان سنتاز و غیره را فعال کرده و از این طریق سبب تحریک رشد رویشی گیاه می‌شوند. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با نتایج غلامی شرفخانه و همکاران (Gholami Sharafkhaneh et al., 2015) که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ورمی‌کمپوست (هفت تن در هکتار) از نظر ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی مرزه (*Satureja hortensis* L.) بود و همچنین آزمایش تهامی زرندی و همکاران (Tahami Zarandis et al., 2010) روی گیاه ریحان مطابقت دارد. همچنین مشابه نتایج این تحقیق، در پژوهشی که توسط رامرودی و همکاران (Ramrudi et al., 2011) صورت گرفت افزایش ارتفاع و تعداد شاخه جانبی اسفرزه (*Plantago ovata* L.) در اثر استفاده از عناصر ریز مغذی (آهن، روی و منگنز) به اثبات رسیده است. طبق نتایج فقیه عبداللهی و همکاران نیز (Faqih Abdullahi et al., 2015) استفاده از عنصر ریز مغذی مس باعث افزایش ارتفاع و تعداد شاخه جانبی در گیاه دارویی ریحان شد.

### وزن خشک بوته

نتایج به‌دست آمده، حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر متقابل تیمارها بر وزن خشک بوته ریحان بود (جدول ۲). در اثرات متقابل تیمار پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و شش در هزار عنصر ریزمغذی مس بیشترین وزن خشک بوته با ۱۴/۸۳ گرم و شاهد با ۹/۷۸ گرم کمترین میزان آن را داشت (جدول ۵).

درزی و همکاران (Darzi et al., 2007) عنوان کردند که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهم شدن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد بستر مناسب برای رشد ریشه موجب افزایش رشد اندام هوایی و در نهایت، افزایش وزن خشک گیاه می‌گردد که این خود گواه دلیل افزایش وزن خشک در بررسی حاضر می‌باشد. در تحقیقی عسگری لجایر و همکاران (Asgari Lajayer et al., 2015) گزارش کردند تأثیر مثبت عناصر کم مصرف مانند مس بر عملکرد وزن خشک اندام هوایی ممکن است به‌دلیل افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفو اینول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوزبی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارآیی جذب عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در حضور این عناصر باشد. مشابه نتایج این آزمایش، کیانی و همکاران (Kiani et al., 2014) در پژوهشی نشان دادند کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر مثبت و افزایشی بر وزن خشک گیاه دارویی نعناع (*Mentha spicata* L.) داشت. در پژوهشی که بر روی گیاه دارویی رزماری (*Salvia rosmarinus* L.) انجام شد، مشخص شد که حداکثر عملکرد خشک گیاه در تیمار کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (Abdelaziz et al., 2007). همچنین، نتایج عسگری

لجایر و همکاران (Asgari Lajayer et al., 2015) مؤید تأثیر معنی‌دار مس بر وزن خشک بوته مرزه می‌باشد. آزمایش فقیه عبداللهی و همکاران (Faqih Abdullahi et al., 2015) نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت عنصر مس بر وزن خشک گیاه دارویی ریحان است.

### تعداد برگ در بوته

اثرات متقابل ورمی‌کمپوست و مس بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به اثرات متقابل، تیمار پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و شش در هزار مس باعث افزایش ۱۶ درصدی تعداد برگ در بوته نسبت به شاهد گردید (جدول ۵).

بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) علت افزایش تعداد برگ در اثر کاربرد عناصر ریز مغذی (نیتروژن و فسفر) را اینگونه بیان کردند که، فراهمی عناصر غذایی از طریق تأثیر بر فرایندهای رشد گیاه، می تواند موجب افزایش عملکرد و بهبود رشد گیاه شود و در نهایت، توانایی آن را برای جذب تشعشع خورشیدی با توسعه سطح برگ افزایش دهد و از آنجایی که بین تعداد برگ و شاخص سطح برگ رابطه‌ای قوی وجود دارد، با مصرف عناصر ریزمغذی فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش یافته و باعث توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ می‌شود (Koocheki & Banayan, 1994). ، آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) نیز بیان کردند که ورمی‌کمپوست به‌دلیل داشتن مواد غذایی کافی و قابلیت در جذب مواد غذایی می تواند سبب افزایش تعداد برگ شود، که علت این افزایش را فعالیت ریزجانداران ناشی از کرم خاکی می‌دانند، آن‌ها معتقدند که ریزجانداران با توانایی تولید مواد تنظیم‌کننده رشد می‌توانند سبب افزایش در تعداد برگ شوند. همسو با نتایج این تحقیق، منصوری (Mansouri, 2011) نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (آهن (پنج درصد)، منگنز (۰/۰۶ درصد) و روی (دو درصد) بر تعداد برگ گیاه نعناع فلفلی (*Mentha × piperita*) معنادار بود. پیوست و همکاران (Peyvast et al., 2007) نیز بیان کردند کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش تعداد برگ در گیاه اسفناج شد.

### طول شاخه جانبی

تجزیه واریانس اثر متقابل ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر طول شاخه جانبی ریحان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند ($P<0/05$) (جدول ۱). تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار سولفات مس باعث ۴۳ درصد افزایش نسبت شاهد شدند (جدول ۵).

به نظر می‌رسد علت طول شاخه جانبی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، تولید مواد تحریک‌کننده رشد، افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و همچنین افزایش فعالیت ریزجانداران در خاک باشد که سبب افزایش طول شاخه جانبی شده است (Anwar et al. 2005).

### تعداد گره در بوته

نتایج آزمایش نشان داد اثر ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر تعداد گره در بوته ریحان معنی‌دار نشد (جدول ۲).

### فاصله میان‌گره

کاربرد ورمی‌کمپوست و عنصر ریزمغذی مس اثر معنی‌داری بر فاصله میان‌گره داشت، اگرچه اثر متقابل این دو عامل نتوانست افزایش معنی‌داری در فاصله میان‌گره نشان دهد (جدول ۲). کاربرد سطح پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار مس بیشترین تأثیر را بر فاصله میان‌گره داشتند، به‌طوری‌که، بیشترین فاصله میان‌گره (۶/۰۷ سانتی‌متر) از تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست وکمترین آن (۵/۱۷ سانتی‌متر) از شاهد به‌دست آمد. تیمار شش در هزار مس نیز باعث افزایش ۱۴ درصدی فاصله میان‌گره نسبت به شاهد گردید (جداول ۳ و ۴).

طبق نظر ایلان (Ilan, 1971) سیتوکنین‌ها باعث تسریع جذب پتاسیم می‌شوند و از طرفی، موسکلو و همکاران (Muscolo et al., 1999) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست‌ها دارای مواد تنظیم‌کننده رشد مانند سیتوکنین‌ها هستند که می‌تواند دلیلی برای جذب بیشتر پتاسیم باشد، از آنجایی که عنصر پتاسیم از عوامل اساسی در رشد میان‌گره‌ها می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً میزان بالای پتاسیم در عصاره آلی حاصل از ورمی‌کمپوست علت افزایش فاصله میان‌گره‌ها با افزایش میزان ورمی‌کمپوست باشد. گرگینی شبانکاره و خراسانی‌نژاد (Gorgini Shabankareh & Khorasani Nejad, 2017) با مطالعه بر روی گیاه نعناع فلفلی بیان کردند استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش فاصله میان‌گره در این گیاه دارویی شده

است. همچنین مارشنر (Marschner, 1995) گزارش کرد محلول‌پاشی عناصر مس و روی در گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) باعث افزایش طول میان‌گره در این گیاه شده است.

## وزن خشک برگ

اثر ورمی‌کمپوست تنها بر وزن خشک برگ معنی‌دار شد، درحالی که وزن خشک برگ تحت تأثیر کاربرد مس و اثر متقابل این دو عامل قرار نگرفتند (جدول ۲). تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین میزان وزن خشک برگ را (۰/۰۷ گرم) نسبت به شاهد نشان داد که البته از این نظر تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست وجود نداشت (جدول ۳).

تهامی زرندی و همکاران (Tahami Zarandi et al., 2010) افزایش وزن خشک برگ گیاه دارویی ریحان را در نتیجه مصرف کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست بیان کرده اند. رحمانیان و همکاران (Rahmanian et al., 2017) نیز، بیان کردند کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک برگ گیاه ریحان شده است.

## قطر ساقه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر قطر ساقه ریحان معنی‌دار نبود (جدول ۲).

## صفات زایشی

### تعداد و طول گل‌آذین

با توجه به نتایج بدست آمده، کاربرد ورمی‌کمپوست تنها باعث افزایش معنی‌دار طول گل‌آذین در بوته ریحان شده است، امّا کاربرد عنصر مس و برهم‌کنش تیمارها تأثیری بر تعداد و طول گل‌آذین نداشته است (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌های این آزمایش نشان داد، بیشترین طول گل‌آذین با کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌میزان (۲۴/۷ سانتی‌متر) و کمترین آن (۲۳/۷ سانتی متر) از شاهد به‌دست آمد (جدول ۷).

به نظر می‌رسد علت افزایش طول گل‌آذین در اثرکاربرد ورمی کمپوست، تولید مواد تحریک‌کننده رشد، افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و همچنین افزایش فعالیت ریزجانداران در خاک باشد که سبب افزایش طول گل‌آذین شده است (Anwar et al., 2005). مشابه نتایج این آزمایش گلدانی و همکاران (Goldani et al., 2016) با مطالعه بر روی گیاه ریحان نشان دادند کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش طول گل‌آذین در این گیاه شده است.

## تعداد دانه در بوته

براساس نتایج حاصل از جدول ۶ تجزیه واریانس اثر متقابل ورمی‌کمپوست و عنصر ریزمغذی مس بر تعداد دانه در بوته ریحان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به‌طوری‌که با توجه به نتایج اثر متقابل بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته به‌ترتیب با کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار مس (۳۸۵۴/۳) و شاهد (۲۱۵۰) به‌دست آمد (جدول ۹).

در مطالعه‌ای که توسط مارشنر (Marschner, 1995) صورت گرفته دلیل افزایش تعداد دانه در بوته اینگونه بیان شده است که عناصر ریزمغذی با تأثیر بر فعالیت فتوسنتزی و همچنین با سنتز اسیدهای نوکلئیک باعث تأثیر در رشد اندام‌های زایشی و سلول‌های مریستمی می‌شوند و در نتیجه، باعث افزایش تعداد دانه در بوته می‌گردند. در بررسی‌های دیگری، دلیل افزایش تعداد دانه در بوته اینگونه بیان شده است که با توجه به اثری که ورمی‌کمپوست به‌علت حلالیت بیشتر عناصر ریزمغذی در خاک و در نتیجه، اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد، بنابراین گیاه در شرایط خوبی از نظر عناصر غذایی رشد می‌کند که منجر به افزایش طول دوره رشد رویشی و دوره گل‌دهی می‌شود و در نتیجه، تعداد دانه در بوته افزایش می یابد (Sajadi Nik & Yadavi, 2014). مشابه نتایج این آزمایش، پژوهش صورت گرفته توسط شعبان‌زاده و همکاران (Shabanzadeh et al., 2012) به نقش مثبت عناصر ریزمغذی (روی، بر و آهن) بر تعداد دانه در بوته سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اشاره دارد. همچنین میرعرب و همکاران (Mir Arab et al., 2016) در مطالعه بر روی گیاه ریحان نشان دادند کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش تعداد دانه در بوته ریحان شده است.

## وزن هزار دانه

طبق جدول ۶ تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و مس تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه ریحان داشته است. نتایج اثر متقابل در این آزمایش نشان داد، بیشترین وزن هزار دانه (۱/۸۰ گرم) از بالاترین سطوح ورمی‌کمپوست و مس (پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار مس) و کمترین وزن هزار دانه (۱/۴۲ گرم) مربوط به شاهد بود (جدول ۹).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رویشی ریحان تحت تیمارهای ورمی‌کمپوست و سولفات مس

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for basil vegetative traits under vermicompost and copper sulfate treatments

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df | ارتفاع بوته Plant height | تعدادشاخه جانبی Lateral numbers | وزن خشک بوته Plant dry weight | تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant | طول شاخه جانبی Lateral branch length | تعداد گره در بوته Number of per plant node | فاصله میان‌گره Internally spaced | وزن خشک برگ Leaf dry weight | قطر ساقه Diameter stem |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک Block | 2 | 0.92$^{ns}$ | 1.14$^{ns}$ | 0.007$^{ns}$ | 14.92$^{ns}$ | 1.43$^{ns}$ | 1.03$^{ns}$ | 0.31$^{ns}$ | 0.00004$^{ns}$ | 0.09$^{ns}$ |
| ورمی‌کمپوست Vermicompost | 2 | 41.81$^{*}$ | 25.03$^{*}$ | 24.84$^{*}$ | 535.14$^{*}$ | 27.78$^{*}$ | 1.92$^{ns}$ | 1.87$^{*}$ | 0.0009$^{**}$ | 0.11$^{ns}$ |
| مس Cu | 2 | 8.48$^{**}$ | 20.25$^{*}$ | 3.39$^{*}$ | 149.59$^{*}$ | 23.50$^{*}$ | 1.14$^{ns}$ | 1.30$^{*}$ | 0.0001$^{ns}$ | 0.17$^{ns}$ |
| اثر متقابل تیمارها Treatment interaction | 4 | 1.92$^{ns}$ | 1.37$^{**}$ | 1.34$^{*}$ | 75.37$^{*}$ | 7.80$^{*}$ | 0.81$^{ns}$ | 0.16$^{ns}$ | 0.00008$^{ns}$ | 0.24$^{ns}$ |
| خطا Error | 16 | 1.67 | 0.39 | 0.26 | 7.05 | 0.79 | 0.74 | 0.06 | 0.0001 | 0.12 |
| ضریب تغییرات. C.V | | 2.87 | 4.68 | 4.25 | 1.72 | 4.06 | 8.76 | 4.57 | 19.98 | 6.60 |

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *are nonsignificant and significant at the 0.01 and 0.05, -, respectively.

جدول ٤- اثرات سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات رویشی ریحان سبز

Table 4- Effects of vermicompost levevels on vegetative characteristics of basil

| ورمی‌کمپوست Vermicompost ($t.ha^{-1}$) | ارتفاع بوته Plant height (cm) | تعدادشاخه جانبی Lateral number | وزن خشک بوته Plant dry weight ($g.m^{-2}$) | تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant | طول شاخه جانبی Lateral branch length (cm) | تعداد گره در بوته Number of nodes per plant | فاصله میان‌گره Internally spaced (cm) | وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g. plant^{-1}$) | قطر ساقه Diameter stem (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 42.55$^{b*}$ | 11.77$^{c}$ | 10.51$^{c}$ | 145.44$^{b}$ | 20.00$^{b}$ | 9.33$^{a}$ | 5.17$^{c}$ | 0.05$^{b}$ | 5.19$^{a}$ |
| 5 | 46.44$^{a}$ | 15.11$^{a}$ | 13.83$^{a}$ | 159.55$^{a}$ | 23.38$^{a}$ | 10.22$^{a}$ | 6.07$^{a}$ | 0.06$^{ab}$ | 5.42$^{a}$ |
| 10 | 46.11$^{a}$ | 13.55$^{b}$ | 12.12$^{b}$ | 157.89$^{a}$ | 22.50$^{a}$ | 10.00$^{a}$ | 5.75$^{b}$ | 0.07$^{a}$ | 5.33$^{a}$ |

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف سولفات مس بر صفات رویشی ریحان سبز

**Table 5- Effects of copper sulfate levevels on qualitative characteristics of basil**

| سولفات مس Copper sulfate (per thousand ) | ارتفاع بوته Plant height (cm) | تعدادشاخه جانبی Lateral numbers | بوته وزن خشک Plant dry weight ($g.m^{-2}$) | تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant | طول شاخه جانبی Lateral branch length (cm) | تعداد گره در بوته Number of node per plant | فاصله میان‌گره Internally spaced (cm) | وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g.plant^{-1}$) | قطر ساقه Diameter stem (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 44.22$^{b*}$ | 12.00$^{c}$ | 11.45$^{b}$ | 150.00$^{c}$ | 20.27$^{c}$ | 9.44$^{a}$ | 5.32$^{c}$ | 0.061$^{a}$ | 5.16$^{a}$ |
| 3 | 44.77$^{b}$ | 13.44$^{b}$ | 12.45$^{a}$ | 154.77$^{b}$ | 22.11$^{b}$ | 10.00$^{a}$ | 5.61$^{b}$ | 0.061$^{a}$ | 5.33$^{a}$ |
| 6 | 46.11$^{a}$ | 15.00$^{a}$ | 12.56$^{a}$ | 158.11$^{a}$ | 23.50$^{a}$ | 10.11$^{a}$ | 6.07$^{a}$ | 0.062$^{a}$ | 5.44$^{a}$ |

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ٦- بر همکنش سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر صفات رویشی ریحان سبز

**Table 6- Interaction effects of vermicompost and copper sulfate on qualitative characteristics of basil**

| ورمی‌کمپوست Vermicompost ($t.ha^{-1}$) | سولفات مس Copper sulfate (per thousand) | تعدادشاخه جانبی Lateral number | وزن خشک بوته Plant dry weight ($g.m^{-2}$) | تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant | طول شاخه جانبی Lateral branch length (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 10.33$^{f*}$ | 9.78$^{e}$ | 143.00$^{f}$ | 18.66$^{e}$ |
| 0 | 3 | 12.33$^{e}$ | 10.64$^{de}$ | 147.00$^{ef}$ | 20.00$^{ef}$ |
| 0 | 6 | 12.66$^{de}$ | 11.11$^{cd}$ | 146.33$^{ef}$ | 21.33$^{cde}$ |
| 5 | 0 | 13.66$^{cd}$ | 13.07$^{b}$ | 157.33$^{cd}$ | 20.33$^{de}$ |
| 5 | 3 | 14.33$^{bc}$ | 13.60$^{b}$ | 154.33$^{d}$ | 23.00$^{bc}$ |
| 5 | 6 | 17.33$^{a}$ | 14.83$^{a}$ | 167.00$^{a}$ | 26.83$^{a}$ |
| 10 | 0 | 12.00$^{e}$ | 11.50$^{cd}$ | 149.66$^{e}$ | 21.83$^{bcd}$ |
| 10 | 3 | 13.66$^{cd}$ | 13.12$^{b}$ | 163.00$^{ab}$ | 23.33$^{b}$ |
| 10 | 6 | 15.00$^{b}$ | 11.75$^{c}$ | 161.00$^{bc}$ | 22.33$^{bc}$ |

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زایشی ریحان تحت تیمارهای ورمی‌کمپوست و سولفات مس

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for reproductive traits of basil under vermicompost and copper sulfate treatments

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df | تعداد گل‌آذین Inflorescence number | طول گل‌آذین Inflorescence length | تعداد دانه در بوته Number of plant seeds | وزن هزار دانه Weight of one thousand seeds | شاخص برداشت Harvest index | عملکرد دانه Seed yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک Block | 2 | $0.48^{ns}$ | $0.36^{ns}$ | $8020.48^{ns}$ | $0.003^{ns}$ | $0.13^{ns}$ | $4869.4^{ns}$ | $18012.04^{ns}$ |
| ورمی‌کمپوست Vermicompost | 2 | $2.70^{ns}$ | $2.58^{**}$ | $964260.00^{*}$ | $0.079^{*}$ | $4.47^{*}$ | $998869.4^{*}$ | $13605337.04^{*}$ |
| مس Cu | 2 | $0.48^{ns}$ | $1.58^{ns}$ | $1482116.29^{*}$ | $0.081^{*}$ | $19.53^{*}$ | $1629036.1^{*}$ | $6203978.70^{*}$ |
| اثر متقابل تیمارها Treatment interaction | 4 | $0.98^{ns}$ | $0.29^{ns}$ | $532319.75^{*}$ | $0.027^{*}$ | $12.13^{*}$ | $700105^{*}$ | $927888.43^{*}$ |
| خطا Error | 16 | 0.89 | 0.62 | 6347.84 | 0.001 | 0.31 | 10379.8 | 1572530.7 |
| ضریب تغییرات C.V | | 6.19 | 3.26 | 2.60 | 2.67 | 5.24 | 3.82 | 2.08 |

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *are nonsignificant and significant at the 0.01 and 0.05, -, respectively.

جدول ۸- اثرات سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات زایشی ریحان سبز

Table 8- Effects of vermicompost levevels on reproductive characteristics of basil

| ورمی‌کمپوست Vermicompost ($t.h^{-1}$) | تعداد گل‌آذین Inflorescence number | طول گل‌آذین Inflorescence length (cm) | تعداد دانه در بوته Number of plant seeds | وزن هزار دانه Weight of one thousand seeds (g) | شاخص برداشت Harvest index | عملکرد دانه Seed yield ($kg.m^{-2}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.m^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $14.6^{a*}$ | $23.7^{b}$ | $2691.5^{b}$ | $1.4^{c}$ | $9.83^{b}$ | $2283.3^{c}$ | $17640.6^{b}$ |
| 5 | $15.6^{a}$ | $24.7^{a}$ | $3224.8^{a}$ | $1.6^{a}$ | $11.06^{a}$ | $2911.1^{a}$ | $19690.6^{a}$ |
| 10 | $15.5^{a}$ | $23.8^{b}$ | $3301^{a}$ | $1.5^{b}$ | $11.04^{a}$ | $2790.5^{b}$ | $19841.7^{a}$ |

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT.

ورمی‌کمپوست می‌تواند موجب افزایش تخلخل خـاک و ظرفیـت نگهداری آب خاک شود و از تغییر اسـیدیته خـاک جلـوگیری کـرده و

موجب رهاسازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شود که این امر سبب افزایش جذب عناصر غذایی به‌وسیله گیاه و افزایش توان تولیدی آن و در نهایت، اجزای عملکرد به‌خصوص وزن هزار دانه می‌شود (Mohammad Khani & Roozbahani, 2015). در همین راستا، غلامی و همکاران (Gholami et al., 2015) اظهار داشتند کاربرد ورمی‌کمپوست، باعث افزایش وزن هزار دانه رازیانه (*Foeniculum vulgar* L.) گردید که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. هندووی و همکاران (Hendawy et al., 2012) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها (اسیدهای آلی + اسیدهای آمینه (< ۲۰٪) ، آهن (۲٪) ، روی (۱،۵٪) ، منگنز (۰/۷٪) منیزیم (ppm ۵۰۰)) سبب افزایش وزن هزار دانه گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) گردید. در محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (کود آهن و روی) به این علت که مواد به‌صورت مستقیم توسط برگ گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) جذب و مورد استفاده قرار می‌گیرد در نتیجه، عناصر آبشویی و یا توسط خاک جذب و تثبیت نمی‌گردند. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی با تأثیر مثبت در افزایش جذب عناصر باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود، رحیمی و مظاهری افزایش وزن هزار دانه را با کاربرد عناصر ریز مغذی گزارش کردند (Rahimi & Mazaheri, 2005).

**شاخص برداشت**

نتایج ارائه شده، حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مس در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت بود (جدول ۶). اثرات متقابل نیز نشان داد تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سه در هزار مس باعث افزایش ۶۲ درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد شد (جدول ۹). خدائی جوقان و همکاران (Khodaei Joghan et al., 2016) افزایش شاخص برداشت را اینگونه بیان کردند که فراهمی یکنواخت نیتروژن و سایر عناصرغذایی از منابع ورمی‌کمپوست سبب بهبود فتوسنتز و در نتیجه، سبب افزایش فعالیت سوخت‌وساز و ماده‌سازی در مرحله زایشی شده است. نیتروژن و سایر عناصر غذایی از کودهای آلی تلفیقی به آهستگی آزاد شده و در طول فصل رشد در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و در نتیجه، هدرروی کمتر بوده و تا انتهای فصل رشد عناصر غذایی مورد نیاز گیاه تأمین می‌شود. بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط تصدیقی و همکاران (Tasdighi et al., 2015) کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش شاخص برداشت در گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) نسبت به شاهدگردید.

در صفت شاخص برداشت، با افزایش میزان ورمی‌کمپوست، افزایشی در میزان شاخص برداشت مشاهده نگردید و روند کاهشی در میزان آن مشاهده گردید. طبق نظر اسچی- وی و فوزین (Shi-Wei, & Fu-Zhen, 1991) ورمی‌کمپوست‌ها دارای سطوح مشخصی هستند که محل‌های کوچکی برای فعالیت‌های میکروبی و ظرفیت نگهداری بالای مواد غذایی را فراهم می‌کنند. در نتیجه، در صورتی که میزان ورمی‌کمپوست در محیط کشت از حد مشخصی تجاوز کند، مواد غذایی در داخل توده ورمی‌کمپوست گرفتار خواهند شد و سبب کاهش دسترسی به عناصر غذایی برای گیاه می‌شود، که این عامل باعث کاهش رشد گیاهان می‌شود. سولبر و همکاران (Subler et al., 1998) نیز گزارش دادند که بهترین پاسخ‌های رشد گیاه و بالاترین مقادیر جذب عناصر غذایی با مصرف کمپوست و ورمی‌کمپوست، در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد مصرف حجمی آن‌ها رخ می‌دهد و درصدهای بالاتر، اغلب تاثیر منفی بر رشد و محصول گیاه دارد که احتمالاً به‌دلیل افزایش غلظت نمک‌ها و ایجاد سمیت عناصر سنگین و مواد سمی برای گیاهان می‌باشد. آن‌ها بیان کردند که افزایش رشد و محصول گیاه در غلظت‌های پایین، ناشی از ایجاد شرایط مناسب تغذیه‌ای و تعادل عناصر غذایی و عوامل بیولوژیکی می‌باشد. ساوان و همکاران (Sawan et al., 2001) در آزمایشی با بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (نیتروژن، هورمون‌های Pix، Cycocel و Alar و روی) در پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) افزایش شاخص برداشت را گزارش کرده‌اند.

**عملکرد دانه**

اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مس بر میزان عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج اثر متقابل نشان داد، بیشترین افزایش در عملکرد دانه با ۳۳۵۰ کیلوگرم در هکتار با کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سه در هزار مس و کمترین میزان عملکرد دانه با ۱۷۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به شاهد بود (جدول ۹).

در این رابطه، آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بیان کردند استفاده از ورمی‌کمپوست علاوه‌بر افزایش جمعیت و فعالیت ریزجانداران مفید خاک (قارچ‌های میکوریزا و ریزجانداران

حل‌کننده فسفات) با فراهم کردن دسترسی گیاه به عناصر غذایی مورد نیاز آن مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. آتیه و همکاران (Atiyeh et al., 2002) نیز بیان داشتند که ورمی‌کمپوست‌ها دارای تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه مانند هورمون‌های گیاهی هستند که این مواد باعث تأثیرات مفیدی مانند افزایش جوانه‌زنی و عملکرد دانه می‌شوند. مشابه نتایج این پژوهش، در آزمایش سعید نژاد و رضوانی مقدم (Saeid Nejad & Rezvani Moghaddam, 2010) نیز مشاهده شد که تیمار ورمی‌کمپوست دارای بیشترین عملکرد دانه در گیاه زیره سبز بود. همچنین در نتایج حاصل از پژوهش اسدی و همکاران (Asadi et al., 2014) بر روی گیاه دارویی اسفرزه بیشترین عملکرد دانه از تیمار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. آزمایش کارامانوس و همکاران (Karamanos et al., 1986) نیز نشان داد که افزودن مس سبب افزایش عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌شود. تیلز و آلووی (Tills & Alloway, 1983) گزارش کردند که مصرف مس سبب افزایش عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. عناصر ریز مغذی در گیاه باعث افزایش فتوسنتز و از این طریق باعث افزایش کربوهیدرات‌ها و مواد پروتئینی می‌شوند و از آنجایی که در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد، می‌توان اظهار داشت که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی مانند مس باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Leilah et al., 1990).

## عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل ورمی‌کمپوست و عنصر ریز مغذی مس بر میزان عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). با توجه به نتایج اثرات متقابل ملاحظه شد، بیشترین افزایش در عملکرد بیولوژیک (۳/ ۲۰۹۶۸ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار مس و کمترین آن (۱۶۵۹۶/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به شاهد بود (جدول ۹).

پیرزاد و همکاران (Pirzad et al., 2013) چنین استنباط کردند که افزایش عملکرد زیستی با مصرف عناصر ریزمغذی (آهن و روی) علل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد شاخه فرعی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش عملکرد بیولوژیک را اشاره کرد. شعبان‌زاده و همکاران (Shabanzadeh et al., 2012) با تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (روی، بر و آهن) بر گیاه سیاهدانه دریافتند که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی نسبت به شاهد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد، در مطالعه درزی و همکاران (Darzi et al., 2011) بر روی اثر کودهای آلی بر گیاه انیسون (*Pimpinella anisum* L.) مشاهده شد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک با مصرف ورمی‌کمپوست حاصل گردید. نتایج مطالعه سعید نژاد و رضوانی مقدم (Saeid Nejad & Rezvani Moghaddam, 2010) نیز نشان داد که تیمار ورمی‌کمپوست بیشترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز را داشت. آتیه و همکاران (Atiyeh et al, 2000) بیان کردند که ورمی‌کمپوست به‌دلیل تغییر در شرایط فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت، باعث تأثیر مثبت در فاکتورهای رشدی گیاه می‌شود. آن‌ها همچنین کاهش رشد و عملکرد گیاه را که در اثر ترکیب محیط کشت با نسبت‌های بالای ورمی‌کمپوست حاصل شد، ناشی از افزایش غلظت نمک محلول، سمیت ناشی از افزایش غلظت عناصر سنگین و یا حضور ترکیبات سمی برای گیاه ذکر کردند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که کاربرد کود ورمی‌کمپوست و عنصر ریزمغذی مس به‌صورت جداگانه و نیز همراه با یکدیگر، عمده صفات رشدی و عملکرد ریحان را تحت تأثیر قرار داد. به نظر می‌رسد با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان تیمار شش در هزار کود سولفات مس و پنج تن ورمی‌کمپوست در هکتار را به‌عنوان تیمارهای برای افزایش عملکرد گیاه ریحان توصیه نمود، ولی برای تأیید نتایج این آزمایش یک‌ساله، نیاز به تحقیقات تکمیلی و دوساله می‌باشد. از آنجایی که در این آزمایش فقط چند سطح از کودهای ذکرشده مورد بررسی قرار گرفته، لذا به‌منظور تکمیل نتایج این آزمایش، پیشنهاد می‌شود، سایر سطوح کود سولفات مس و ورمی‌کمپوست در طی پژوهش‌های دیگر بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ریحان بررسی شود.

جدول ۹- اثرات سطوح مختلف سولفات مس بر صفات زایشی ریحان سبز

Table 9– Effects of copper sulfate levevels on reproductive characteristics of basil

| سولفات مس Copper sulfate (In thousand) | تعدادگل‌آذین Inflorescence number | طول گل‌آذین Inflorescence length | تعداد دانه در بوته Number of plant seeds | وزن هزار دانه Weight of one thousand seeds (g) | شاخص برداشت Harvest index | عملکرد دانه Seed yield (kg.m$^{-2}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.m$^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 15.1$^{a*}$ | 23.6$^{a}$ | 2637.3$^{c}$ | 1.46$^{b}$ | 9.19$^{c}$ | 2283.3$^{c}$ | 18152.2$^{c}$ |
| 3 | 15.2$^{a}$ | 24.1$^{a}$ | 3496.1$^{a}$ | 1.60$^{a}$ | 12.14$^{a}$ | 3122.2$^{a}$ | 19783.3$^{a}$ |
| 6 | 15.5$^{a}$ | 24.5$^{a}$ | 3105.6$^{b}$ | 1.64$^{a}$ | 10.60$^{b}$ | 2579.4$^{b}$ | 19237.2$^{b}$ |

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ۱۰- بر همکنش سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر صفات زایشی ریحان سبز

Table 10– Interactive effects of vermicompost and copper sulfate on reproductive characteristics of basil

| ورمی‌کمپوست Vermicompost (t.ha$^{-1}$) | سولفات مس Copper sulfate (per thousand) | تعداد دانه در بوته Number of plant seeds | وزن هزار دانه Weight of one thousand seeds (g) | شاخص برداشت Harvest index | عملکرد دانه Seed yield (kg.m$^{-2}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.m$^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2150$^{g*}$ | 1.42$^{d}$ | 7.99$^{d}$ | 1783.3$^{e}$ | 16596.7$^{e}$ |
| 0 | 3 | 2656$^{e}$ | 1.51$^{c}$ | 8.38$^{d}$ | 2016.6$^{d}$ | 18220$^{d}$ |
| 0 | 6 | 3268.6$^{cd}$ | 1.50$^{c}$ | 12.89$^{a}$ | 1983.3$^{d}$ | 18105$^{d}$ |
| 5 | 0 | 2359$^{f}$ | 1.45$^{cd}$ | 8.22$^{d}$ | 3050.6$^{b}$ | 18355$^{d}$ |
| 5 | 3 | 3461.3$^{b}$ | 1.75$^{a}$ | 13.01$^{a}$ | 3038.3$^{b}$ | 19748.3$^{bc}$ |
| 5 | 6 | 3854.3$^{a}$ | 1.80$^{a}$ | 12.18$^{ab}$ | 3350$^{a}$ | 20968.3$^{a}$ |
| 10 | 0 | 3403$^{bc}$ | 1.51$^{c}$ | 11.37$^{bc}$ | 3083.3$^{b}$ | 19505$^{c}$ |
| 10 | 3 | 3199.6$^{d}$ | 1.67$^{b}$ | 10.40$^{c}$ | 2683.3$^{c}$ | 19743.3$^{bc}$ |
| 10 | 6 | 3282.6$^{cd}$ | 1.51$^{c}$ | 11.34$^{bc}$ | 2966.6$^{b}$ | 20276.7$^{b}$ |

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT.

## References


Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M., 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilization upon growth, chemical composition and essential oil production of (*Rosmarinus officinalis* L.). Notulae Botanica Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Journal 35(1): 86-90.

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S., 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French Basil. Communications in Soil Scince and Plant Analysis 36(13-14): 1737-1746.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atiyeh, R., and Metzger, J.D., 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology 93(2): 139-144.

Asadi, G.H., Momen, A., Khorramdel, S., and Nurzadeh Nameghi, A., 2014. Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on yield and nitrogen efficiency indices in (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology 5(4): 373-382. (In Persian with English Summary)

Asgari Lajayer, H., Hadiyan, J., Savaghebi, G., and Motasharezadeh, B., 2015. Effect of different levels of copper and zinc on essential oil yieldand percentage, Cu and Zn Concentration andsome growth traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Plant Production Technology 6(2): 33-47. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Lee, S.S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger. J., 2002. The influence of humic acid derived from earthworm-processed Organic waste on plant growth. Biore source Technology 84(1): 7-14.

Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Sulber, S., and Metzger, J.D., 2001. Pigmanure vermin compost as component of a horticultural bedding plant medium: effect on physiochemical properties and plant growth. Bioresurces Technology 78(1):11-20.

Aminifard, M.H., and Bayat, H., 2017. Effect of vermicompost on fruit yield and quality of bell pepper. International Journal of Horticultural Science and Technology 3(2): 221-229.

Behdani, M.A., Koocheki, A.R., Nasiri Mahalati, M., and Rezvani Moghaddam, P., 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 1-14. (In Persian with English Summary)

Chen, Y.P., Rekha, P.D., Arun, A.B., Shen, F.T., Lai, W.A., and Young, C.C., 2006. Phosphat solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. Applied Soil Ecology 34(1): 33-41.

Darzi, MT., Ghalavand, A., Rejali, F., and Sefidkon, F., 2007. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(4 (34)): 276-292. (In Persian with English Summary)

Darzi, M.T., Hadjseyed Hadi, M.R., and Rejali, F., 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(4): 452-456. (In Persian with English Summary)

Ebadi, M.T., Fallahi, J., Azizi, M., and Razavi Ni Moghadam, P., 2008. Investigating the effect of the use of organic fertilizers on growth factors and the efficiency of two modified cultivars of chamomilla almani the first national conference on management and sustainable agriculture development in Iran, Institute for Scientific Research and Technology Knowledge, Shoshtar pp: 112-117. (In Persian with English Summary)

Faqih Abdullahi, L., Pirdashti, H., Yaqubian, Y., and Alawi, S.M., 2015. Effect of *Piriformospora indica* and *Trichoderma tomentosum* fungi on basil (*Ocimum basilicum* L.) growth under copper nitrate levels. Journal of Soil Management and Sustainable Production 5(1): 113-127.

Gholami, A., Akbari, I., and Abbas Dokht, H., 2015. Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of Fennel (*Foeniculum vulgar*). Journal of Agroecology 7(2): 215-224. (In Persian with English Summary)

Gholami Sharafkhane, E., Jahan, M., Banayan Avval, M., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P., 2015. The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions. Journal of Agroecology 7(2): 179-189. (In Persian)

Goldani, M., Kamali, M., Mohtashami, S., and Ghani, A., 2016. Effect of different vermicompost levels on morphophysiological traist and growth charachtristics of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences) 30(3): 269-254. (In Persian with English Summary)

Gorgini shabankareh, H., and Khorasani nejad, S., 2017. Effects of sodium nitroprusside on physiological and biochemical characteristics of savory (*Satureja khuzestanica*) under deficit water regimes. Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources) 24(3): 55-70. (In Persian with English Summary)

Heidari, F., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H., and Dadpoor, M.R., 2008. The effects of application of microelements and plant density on yield and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1(39): 1-9. (In Persian with English Summary)

Hendawy, S.F., El-Sherbeny, S., Hossein, M., Khalid, Kh., and Ghazal, G., 2012. Response of two species of black cumin to foliar spray treatment. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6(10): 636- 642.

Jami, M.G., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S., Mokhtassi Bidgoli, A., Baghbani- Arani, A., and Namdari, A., 2018. Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L). Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences 20(2): 151-167. (In Persian with English Summary)

Ilan, I., 1971. Evidence for hormonal regulation of the selectivity of ion uptake by plant cells. Physiologia Plantarum 25(2): 230-233.

Karamanos, R.E., Kruger, G.A., and Stewart, J.W.B., 1986. Copper deficiency in cereal and oilseed crops in northern Canadian prairie soils. Agronomy Journal 78(2): 317-323.

Khodaei Joghan, A., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., and Sorooshzadeh, A., 2016. Effects of organic and conventional nutrition systems on grain yield and quality of sunflower under different irrigation regimes. Journal of Agroecology 7(1): 166 -181. (In Persian with English Summary)

Kiani, Z., Esmaeilipour, B., Hadian, J., Soltani toolarood, A. A., and Fathololumi, S., 2015. Effect of organic fertilizers on growth properties nuterient absorption and essential oil yield of medicinal plant of spearmint (*Mentha spicata* L.). Journal of Plant Production 21(4): 63-80. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., and Banayan, M., 1994. Crop Yield Physiology. Jahad Mashhad Press, Mashhad, Iran. pp. 380. (In Persian)

Leilah, A.A., Badawi, M.A., Moursy, E.L., and Attia, A.N., 1990. Response of Soybean plants to foliar application of zinc different levels of nitrogen. Journal of Agricultural Sciences Mansoura University 13(4A): 556-563.

Lima, R., Moreno, A., Diniz, E., Olea, R., Sasaki, J., Mendes Filho, J., Freire, P., Pontes, F., Leite, E., and Longo, E., 2004. Characterization of a crystal grown from *Ocimum basilicum* leaves and branches. Crystal Research and Technology 39(10): 864-867.

Lima-Corrêa, R.d.A.B., Dos Santos Andrade, M., Freire, J.T., and Do Carmo Ferreira, M., 2017. Thin-layer and vibrofluidized drying of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.): Analysis of drying homogeneity and influence of drying conditions on the composition of essential oil and leaf colour. Journal of Applied Research on Medicinal Aromatic Plants 7: 54-63. (In Persian with English Summary)

Lupton, D., Khan, M.M., Al-Yahyai, R.A., and Hanif, M.M., 2016. Basil, Leafy Medicinal Herbs: Botany, Chemistry. Postharvest Technology and Uses, pp. 27−41.

Mansouri, I. D., 2011. The effect of different planting patterns and micronutrients on growth and yield and the amount of peppermint essential oil (*Mentha piperita*). National Conference on Medicinal Plants.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press. pp. 330-355.

Mir Arab, T., Piri, E., Tavassoli, A., and Babaeiyan, M., 2016. The effect organic fertilizer on quantitative and qualitative characters of Basil (*Ocimum basilicum*) in sistan region. Journal of Crop Ecophysiology 10(2): 1375-1388. (In Persian with English Summary)

Mohammad Khani, E., and Roozbahani, A., 2015. Application of vermicompost and nano iron fertilizer on yield improvement of grain corn (*Zea mays* L.). Journal of Plant Ecophysiology 7(23): 123-131. (In Persian with English Summary)

Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F., and Nardi, F., 1999. Earthworm humic matter produces Auxin-like effects *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. Soil Bioligy and Biochemistry 31: 1303-1311.

Peyvast, Gh., Olfati, J.A., Madeni, S., and Forghani, A., 2007. Effects of vermicomposts on the growth and yields of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment 6(1): 110-113.

Pirzad, A.R., Tousi, P., and Darvishzadeh, R., 2013. Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 15(1): 12-23. (In Persian with

English Summary)
Preeti Pande, M., Anwar, S.C., Yadov, V., and Patra, D., 2007. Optimal level of Iron and Zinc in relation to its influence on herb yield and protection of essential oil in menthol mint. Communication in Soil Science and Plant Analysis 38(5-6): 561-578.
Rahimi, M.M., and Mazaheri, D., 2005. Effect of Fe and Zn micro-nutrient on yield and yield component in after crop of two sunflower cultivars in Arsanjan. Journal of Pajouhesh Va Sazandegi in Agronomy and Horticulture 64: 16-24. (In Persian)
Rahmanian, M., Esmaielpour, B., Hadian, J., Shahriari, H., and Fatemi, H., 2017. The Effect of organic fertilizers on morphological traits, essential oil content and components of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 27(3): 103-118.
Ramrudi, M., Kikhajhaleh, M., Galavi, M., Saghatoleslami, M., and Baradaran, R., 2011. Effect of foliar application of micronutrients and irrigation regimes on yield and quality of *Plantago ovata* L. Journal of Agroecology 219: 45-52.
Saeid Nejad, A.H., and Rezvani Moghaddam, P., 2010. Evaluate the effect of compost, vermicompost and manure on yield, yield components and the percentage of cumin. Journal of Horticultural Science 24(2): 142-148. (In Persian with English Summary)
Rezakhani, L., Golchin, A., and Shafiee, S., 2012. Effect of different rates of Cd and Cu on growth and chemical composition of spinach. Iranian Journal of Agronomy Plant Breeding 8(1): 87-100. (In Persian with English Summary)
Sajadi Nik, R., and Yadavy, AR., 2014. Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth, phonological stages and grain yield. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Electronic Journal of Crop Production 6(2): 73-99.
Salehi, A., Seifollah, F., Iranpour, R., and Souraki, A., 2014. The effect of fertilizer use in combination with cow manure on growth, yield and yield components of Black-caraway (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 6(3): 495-507. (In Persian with English Summary)
Sanchez, G.E., Crballo, G.C., and Ramos, G.S.R., 2008. Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *Plantago lanceolata* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales 13(1): 12-15.
Sawan, Z.M., Hafez, S.A., and Basyony, A.E., 2001. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardant and zinc on cotton seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. Journal of Agronomy and Crop Science 186(3): 183-191.
Shabanzadeh, S.H., Ramroudi, M., and Galavi, M., 2012. Influence of micronutrients foliar application on seed yield and quality traits of black cumin in different irrigation regimes. Journal of Crop Production and Processing 1(2): 79-89.
Shakoorifar, F., Ilkaee, M., and Jamnejad, M., 2016. Investigation of the cupper effect on quantitative andqualitative characteristicsof the Basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Agronomy and Plant Breeding 12(2): 19-33.
Shi-wei, Z., and Fu-Zhen, H., 1991. The nitrogen uptake efficiency from 15N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). In: Veeresh, G.K., Rajagopal, D., Viraktamath, C.A. (Eds), Advance in management and conservation os Soil Fauna. Oxford and Ibh publishing Company, New Delhi, Bombay. pp. 327-354.
Sridevi, S., Prabu, M., and Tamilselvi, N.G., 2016. Bioconversion of water hyacinth into enriched vermicompost and its effect on growth and yield of peanuts. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 5(9): 675-681.
Subler, S., Edwards, A.A., and Metzerger, J.D., 1998. Comparing composts and vermi composts. Biocycle 39: 63-66.
Tahami Zarandis, Mk., Rezvanimoghadam, P., and Jahani, M., 2010. Comparison of organic and chemical yield and herbal essential oils of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Agroecology 2(1): 63-74(In Persian with English Summary)
Tasdighi, H.R., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Behzadi, Y., 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. Agricultural Science and Sustainable Production 25(3): 61-78. (In Persian with English summary)
Tills, A.R., and Alloway, B.J., 1983. Subclinical copper deficiency in crops. Journal of the Science of Food and Agriculture 34: 54-65.
Wahab, M.A., 2013. Effect of some trace elements on growth, yield and chemical constituents of *Calendula officinalis* L. plants under Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Science 4(6): 717-724.

Yang, C.M., Yang, L.Z., Yang, Y.X., and Zhu, O.Y., 2004. Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils. Agricultural Water Management 70(1): 67–81.

Zare Dehabadi, S., and Asrar, Z., 2009. Effect of excess zinc on the concentration of some mineral element and antioxidant responses of spearmint (*Mentha spicata* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(4 (42)): 530-540. (In Persian with English Summary)